

III - APLICACIONES PRACTICAS

1. INTRODUCCION

Hemos visto que la caracterización reológica de materias textiles supone una definición de la historia y del estado del material.

Cumplido esto, es necesario además fijar las condiciones que rigen la caracterización reológica propiamente dicha. Para reducir el número de parámetros, la caracterización se efectuará en atmósfera a temperatura y a humedad relativa constante, correspondiendo al estado de (casi) equilibrio de la fibra.

Según las normas actuales, la atmósfera normal se fija a 20°C y 65 % de H. R., aunque se perciban también algunas tendencias a trabajar a 22-23°C y a 50 % de H. R.

Se ha visto igualmente que la fatiga estática se manifiesta por un tiempo (duración de vida) variable según la carga aplicada; en otras palabras, según la duración durante la cual se aplica una carga dada, la carga límite, de rotura será más o menos grande; esto implica que la *duración del ensayo*, y que la *velocidad de aplicación de la sollicitación* tendrán una influencia sobre los resultados: como se ha demostrado ya, la viscoelasticidad se traduce por retrasos debidos al carácter de no-equilibrio que ella implica.

Por eso es preciso definir rigurosamente las condiciones y la historia de la sollicitación reológica.

Por último, si es racional caracterizar en primer lugar la *fibra* individual, no hay que despreciar el aspecto estadístico de todas las características textiles. Sus irregularidades intervienen también en el efecto global resultante de la reunión de numerosos filamentos individuales, torcidos o no, tejidos a tricotados, lo cual nos obligan a considerar sus efectos en estos diferentes casos.

2. EL ENSAYO DINAMOMETRICO: GENERALIDADES

Este ensayo puede efectuarse de dos formas:

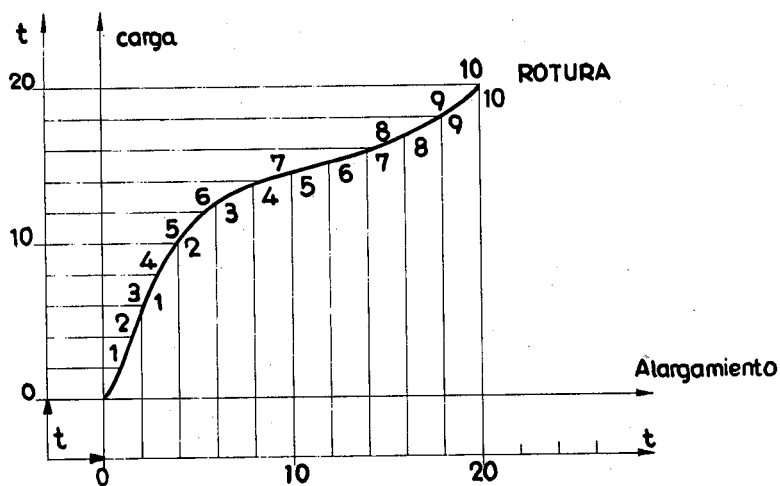
— aumentando la carga progresivamente y midiendo entonces la deformación que ocasiona,

— o bien alargando la probeta progresivamente y midiendo la carga necesaria para equilibrar el esfuerzo resultante de la deformación.

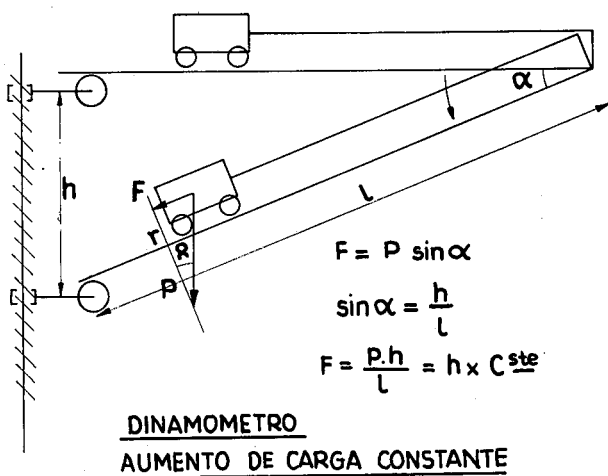
En el primer caso, para un ensayo racional, se busca aumentar la carga linealmente en el tiempo: se habla de «aumento constante de carga».

De hecho, la historia de la sollicitación en estos dos casos es diferente (fig. 31); a velocidad constante de aumento de carga, al principio de la sollicitación la probeta se deforma poco por unidad de tiempo, en cambio al final de la sollicitación debe deformarse enormemente por unidad de tiempo. A velocidad de alargamiento constante, por unidad de tiempo, el aumento de carga es primero muy grande luego disminuye. Como la historia de la sollicitación no es la misma se pueden esperar reogramas diferentes según que se opere a aumento de carga constante o a velocidad constante de alargamiento. (Fig. 31 bis).

Señalemos, por último, que aún se utilizan los dinamómetros pendulares: la probeta está sujeta entre dos pinzas: la pinza superior, solidaria de un brazo

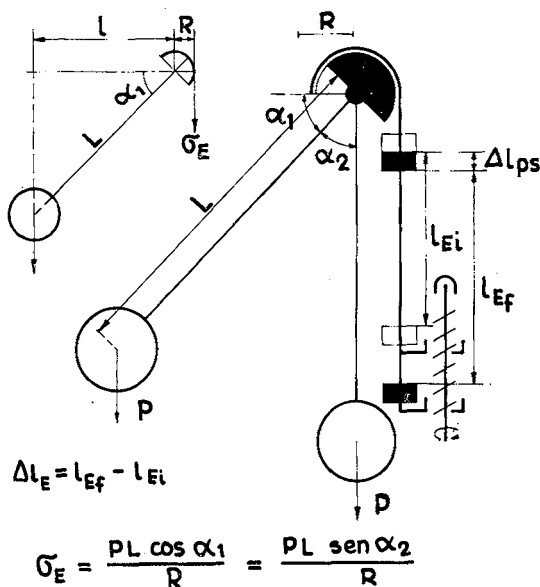


31



31 bis

pesante, es poco móvil, la pinza inferior se desplaza linealmente con el tiempo: en este caso, se trata de un ensayo que se acerca mucho al de la velocidad constante de alargamiento ya que la pinza superior tiene un movimiento más reducido y la longitud de probeta es mayor (Fig. 32). Por esta razón, estos dinamómetros son aún utilizados para los hilos —sobre 50 cm.— o para los tejidos —sobre 20 cm.—, pero son abandonados para los ensayos en fibras —sobre 10 hasta 20 mm.



32

Para tender hacia el mismo reograma, es decir hacia los mismos valores de alargamiento y de carga de rotura, es preciso operar relativamente despacio. Después de numerosos ensayos, se ha llegado a la conclusión de que para varios materiales textiles corrientes, se podía tomar como duración de sollicitación 20 ± 3 s, ó 30 ± 3 s hasta la rotura, sin tener demasiada dispersión al pasar de un tipo de dinamómetro a otro, de cara a una fórmula aceptable para una normalización, pero en condiciones a veces bastante distantes de las de la utilización práctica.

Para una temperatura dada, de un modo general,

- la carga de rotura aumenta si el aumento de la carga se hace más rápidamente (los deslizamientos internos no tienen tiempo de hacerse),

- la carga de rotura aumenta si la velocidad de alargamiento aumenta: en general, la carga aumenta del 6 al 9 %, si esta velocidad aumenta en una potencia de 10,

- para tiempos necesarios para llegar a la rotura comprendidos entre 1 segundo y 1 hora, Meredith ha encontrado en general que las cargas de rotura F_i (que corresponden a tiempos t_i) estaban ligadas por una relación del tipo:

$$F_1 - F_2 = -k F_1 \log_{10} (t_2/t_1)$$

k es un coeficiente de «tenacidad-tiempo».

| <i>Materias</i> | <i>Valores de k</i> |
|-----------------|---------------------|
| Algodón | — 0,083 |
| Viscosa (rayón) | — 0,083 |
| Acetato | — 0,060 |
| Lino | — 0,079 |
| Seda | — 0,079 |
| Poliamida | — 0,080 |
| Lana | — 0,073 |

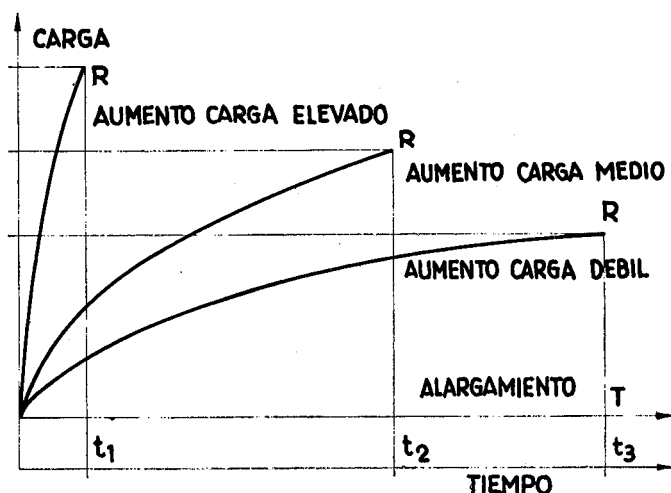
Según Meredith, esta fórmula sería también válida para los ensayos a velocidad constante de alargamiento o a aumento constante de carga.

No obstante, para velocidades de alargamiento muy grandes se pueden observar comportamientos singulares:

| <i>Materias</i> | <i>Velocidad de alargamiento %/s</i> | <i>Tenacidad gf/tex</i> | <i>Alargamiento de rotura (%)</i> | <i>Módulo inicial gf/tex cm/cm.</i> |
|--------------------|--|-----------------------------|---|---|
| Acetato | 0,001 | | 30 | |
| | 1.000 | | 29,5 | |
| Viscosa | 0,001 | | 20,6 | |
| | 1.000 | | 26,6 | |
| Seda | 0,001 | | 15,3 | |
| | 1.000 | | 23,1 | |
| Nylon | 0,0013 | | 15,9 | |
| | 22 | | 20,7 | |
| | 1.096 | | 14,5 | |
| Rayón (alta temp.) | 0,016 | 56,5 | 16,7 | 320 |
| | 5.000 | 68,2 | 14,7 | 510 |
| Fortisán | 0,016 | 57,0 | 5,4 | 1.500 |
| | 2.000 | 81,9 | 5,2 | 2.300 |
| Vidrio (silicona) | 0,016 | 42,6 | 2,8 | 2.250 |
| | 1.000 | 55,1 | 1,8 | 2.900 |

Las variaciones de capacidad de trabajo no parecen seguir una ley de forma general.

Por otra parte, para diferentes aumentos de carga pueden observarse tendencias resumidas según la figura 33: cuanto más elevado es el aumento de carga, tanto más elevados son los módulos y tenacidades y más pequeño es el alargamiento.



(33)

3. DINAMOMETRIA DE FIBRA INDIVIDUAL

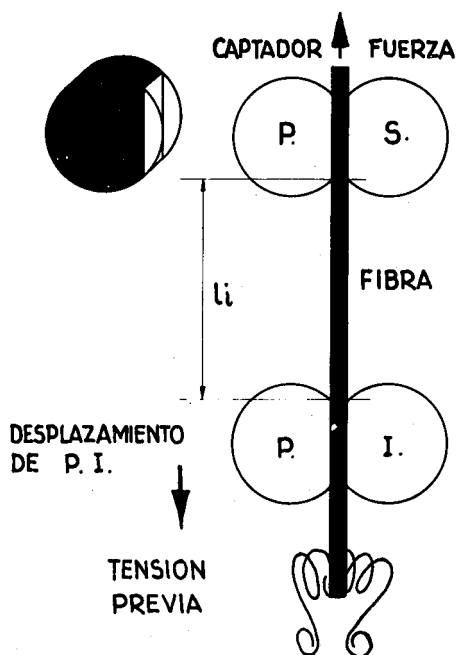
En las generalidades vistas en el párrafo anterior, hemos orillado las dificultades halladas en la práctica, principalmente en el caso de fibras, discontinuas, individualmente ensayadas.

En efecto, la longitud de las fibras puede ser bastante débil: en el caso del algodón (y más generalmente en la hilatura denominada: «fibras cortas») no tienen mucho más de 20 a 30 mm., y por consiguiente es preciso trabajar a 20 mm., incluso 10 mm. de separación entre las pinzas: la longitud inicial es pues delicada de determinar. En la práctica, utilizamos (fig. 34) una lupa binocular con retícula montada en el dinamómetro y acoplada a un calibrador por una parte para conocer la posición exacta del pinzado de la fibra, teniendo cada mordaza de pinza la forma de un disco truncado (de corindón o de elastómero de muy elevada dureza), por otra parte para determinar la longitud inicial de la prueba de manera exacta, por lo menos, con una aproximación de 1/10 mm.

En efecto, se ajusta el pinzado inferior de la fibra —lastrada con un peso en forma de resorte (que da la tensión previa)— a fin de obtener de 10 hasta 20 mm. de separación efectiva de las pinzas.

Si se lleva el análisis un poco más lejos, se observa que el pinzado, para ser eficaz, es decir sin deslizamiento de la fibra en las pinzas, aplasta, deforma la fibra no solamente en la zona de pinzado, sino más allá de la misma. Como no es posible recortar las fibras en forma de pesa como se hace para las materias plásticas o las piezas metálicas, es preciso conformarse con ello.

Para ver si hay deslizamiento en las pinzas, puede resultar útil comprobar que los alargamientos relativos que corresponden a diferentes longitudes iniciales (10, 15, 20, 25 mm., por ejemplo), son idénticos o no; pero no hay que olvidar



34

que la velocidad de desplazamiento de la pinza inferior debe ser corregida en función de la longitud de probeta, a fin de respetar las mismas condiciones de velocidad *relativa* de alargamiento (en % mn.) para obtener la rotura después de una misma duración de ensayo.

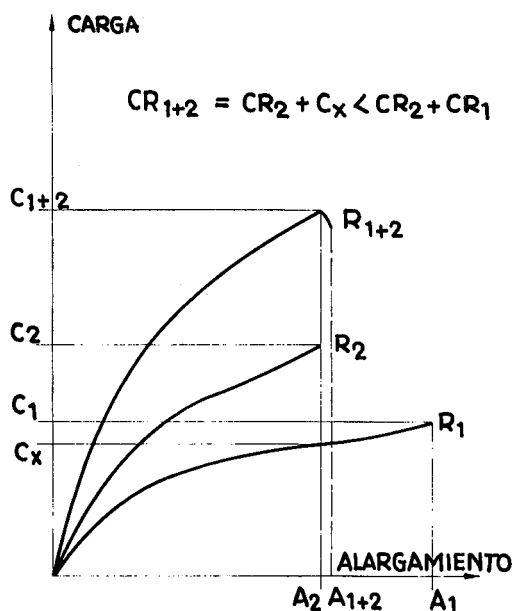
Para eso, sería más racional trabajar a aumento constante de carga, pero los dinamómetros con captador de fuerza son de desplazamiento lineal de la pinza inferior.

4. DINAMOMETRIA DE FIBRAS REUNIDAS (HACES)

Desde que se someten varias fibras juntas al ensayo dinamométrico, la variación de los alargamientos individuales rige el comportamiento del conjunto de fibras: (Fig. 35); en efecto, las fibras, habiendo alcanzado su alargamiento de rotura, ya no participan más en el esfuerzo del conjunto, y por consiguiente el alargamiento de rotura del conjunto será determinado por el de las fibras de más débil alargamiento, y la carga de rotura del conjunto será inferior al total de las cargas de rotura de las fibras individuales que componen el haz.

Esta disminución será tanto más importante cuanto más elevada sea la irregularidad en el alargamiento.

No obstante, el ensayo con numerosas fibras presentaría la ventaja de dar un valor integral, y evitaría la fastidiosa repetición de los ensayos individuales. Por esta razón se ha realizado el ensayo en *haz plano* según dos técnicas. Por una parte para liberarse de la irregularidad del alargamiento, se ha pensado en trabajar a ecartamiento nulo. Esta aproximación, por tentadora que sea desde un punto de vista teórico, es utópico pues en realidad no es posible, física-



(35)

mente, obtener un doble pinzado perfectamente de unión a ecartamiento nulo. Por esta razón y a pesar de todo, es preciso comprobar los resultados obtenidos en relación con modelos calibrados: es el caso del ensayo con el aparato Pressley destinado al algodón: es un dinamómetro de plano inclinado, lo que da un aumento de carga constante, pero ha sido ideado para conseguir la rotura en un tiempo muy breve (del orden de 1 a 2 s), es decir en condiciones tales que los resultados están fuertemente influidos por el tiempo de rotura.

Otra técnica consiste en trabajar a ecartamiento relativamente débil: para el algodón el ensayo Pressley puede ser modificado por la colocación de una mordaza de 1/8 de pulgada (~ 3 mm.). Recientemente, se ha propuesto igualmente trabajar en haz plano, en el caso de fibras de lana, con un ecartamiento de 10 mm. De hecho, el ensayo es muy sensible al tipo de dinamómetro y a las condiciones operativas.

Se ha propuesto tomar la tenacidad media de fibras individuales (bastarían 50) habiéndose cuidado de determinar sus títulos reales (al vibroscopio por ejemplo) antes de los ensayos de tracción.

5. «COHESION» DE UNA CINTA DE FIBRAS

Cuando tratamos con una cinta de fibras, si se somete dicha cinta a un ensayo dinamométrico con ecartamiento de pinzas superior a las fibras de mayor longitud, la tenacidad aparente de esta cinta depende de su cohesión. Esta «cohesión» de la cinta unida a la fricción de las fibras es importante pues ella rige el proceso de estiraje, es decir de hilatura.

La cohesión de un sistema heterogéneo está íntimamente ligada a la fricción entre los elementos de este sistema.

La fricción se rige por la ley de Amontons según la cual, la fuerza F necesaria para el deslizamiento de los elementos es proporcional al coeficiente de fricción (o de frotamiento) μ y a la fuerza N normal que se ejerce sobre los elementos.

$$F = \mu N \quad (R1)$$

En los casos de presiones muy fuertes, el estado de superficie puede modificarse elásticamente o de manera no reversible, y la expresión de la ley de Amontons según (R1) debe modificarse por:

$$F = f(\mu N) \quad (R2)$$

En el caso que nos interesa, no se trata de un sistema compuesto por 2 elementos que frotan sobre una superficie dada, sino de un sistema compuesto por numerosos elementos con puntos de frotamientos variables.

En una primera aproximación esto se puede expresar por

$$F = n \cdot \mu \cdot P \quad (R3)$$

donde n es el número de «puntos» de fricción, μ el coeficiente de fricción en un punto de fricción, y P la fuerza normal que se ejerce sobre un «punto de fricción», es decir una presión.

En este caso, el producto ($n P$) corresponde a la fuerza total que actúa sobre la cinta.

Por aproximación tomaremos μ constante (lo que repercute en considerar $\bar{\mu}$ medio).

En cambio, según nuestro modelo, el número n de puntos de fricción varía con P .

Así pues, para P *mantenido constante* admitiremos que la relación (R3) es aplicable.

En el caso de P variable, la relación (R3) se convierte en:

$$F = n \{f(P)\} \cdot \bar{\mu} \cdot P \quad (R4)$$

admitiendo siempre $\bar{\mu}$ invariable con P .

n tiende hacia su valor máximo cuando todas las fibras son rigurosamente paralelas y están totalmente en contacto unas con otras.

En el caso de la fricción interfibras en una cinta, el número de puntos de unión y su intensidad pueden ser cambiados por la manipulación. Por consiguiente, la presión normal debe desempeñar un papel muy importante en la fricción y la cohesión *aparentes*, o mejor «efectivas».

Esto ha sido comprendido por los constructores de máquinas de estirar o de hilar, los cuales han introducido una regulación de la presión normal en el transcurso de la operación de estiraje.

De lo precedente podemos considerar:

— que la tenacidad con pinzas juntas de una cinta corresponde a la cohesión máxima posible,

— que la tenacidad con pinzas separadas (de separación superior a la mayor longitud de fibra), corresponde a la cohesión ($n \cdot \bar{\mu}$) para un caso preciso de presentación de materia («forma» y «presión normal») y esto en la sección en que el producto ($n \cdot \bar{\mu}$) es más pequeño.

Para un «punto de fricción» se tiene:

$$\mu_1 = F_1/N_1$$

donde: μ_1 es la fricción interfibra en el punto de contacto,
 F_1 es la fuerza de tracción transmitida a una fibra,
 N_1 es la fuerza normal recibida en el punto de contacto.

F_1 puede ser estimado por F/A (donde A es el número medio de fibras en la sección) y N_1 por N/A_q (donde q es un coeficiente que tiene en cuenta el amontonamiento).

Para la cohesión de la cinta (de fricción: μ_R) con n puntos de contacto se tiene:

$$\mu_R = F_R/N_R$$

donde: F_R = Fuerza de tracción aplicada a la cinta,
 N_R = Fuerza normal sobre una sección de la cinta.

Aunque sea difícil definir una presión en la señal de una sección según una línea sin espesor, N_R está unido a la fuerza normal situada en la señal de la sección, es decir a la fuerza referida a la masa lineal.

$$N_R = k.P \text{ donde } P = \text{fuerza/tex}$$

finalmente, k depende de las unidades pudiéndose pues asimilar N_R a P en fuerza normal/tex.

Pues μ_R , la fricción de la cinta, es decir la cohesión de la cinta es igual a:

$$\mu_R = F_R/P$$

El valor máximo de cohesión $\mu_{Rmax} = F_{max}/P$ corresponde a la cohesión intrínseca de la cinta que se puede obtener por el ensayo con pinzas juntas que nos da F_{max} .

De donde el índice de fricción o de cohesión: ICR como valor relativo:

$$\mu_R/\mu_{Rmax} = \frac{F_R}{P} : \frac{F_{max}}{P}$$

es decir

$$ICR = \frac{\mu_R}{\mu_{Rmax}} = \frac{\tilde{F}_R}{F_{max}}$$

donde: F_R sería la fuerza de rotura de la cinta con pinzas separadas,
 F_{max} sería la fuerza de rotura de la cinta con pinzas juntas

pero esto sólo es válido para una presión normal dada.

Para cada otra presión, el número n varía: esto es debido a que F_R varía, mientras que F_{max} permanece inalterado.

En la práctica, principalmente para el ensayo con separación casi-nula (incluso a 1 mm. efectivo, es válido todavía), es preciso primero asegurarse de la alineación de las pinzas del dinamómetro.

En el caso de cintas de peinado, en que el número de puntos de unión es fluctuante a consecuencia de la manipulación y en los que la intensidad de unión no es fija sino variable según la presión, la buena alineación de las pinzas del dinamómetro no basta.

En cuanto a las cintas, o bien el agarre es insuficiente y las fibras deslizan en el seno de la mordaza (principalmente) en el caso del ensayo con las pinzas juntas, o bien el agarre es tan fuerte que el borde de las mordazas daña a las fibras que se rompen entonces a consecuencia de la debilitación que han experimentado debido a esto.

Por eso hemos intentado salvar esta dificultad pegando la cinta al nivel de la parte correspondiente a la pinza evitando evidentemente en el caso de ensayos con pinzas juntas pegar las fibras en el entrehierro. Desde luego, se puede entonces hablar sobre el significado físico de la separación denominada nula. De hecho, incluso con 1 mm. de separación efectiva, teniendo en cuenta la longitud de las fibras, esta separación es suficientemente pequeña para ser asimilable a la separación nula teórica.

Para dar la presión P deseada sobre la cinta durante el ensayo, hemos ideado un equipo que comprende un canalón de sección rectangular (en función del título de la cinta) que recibe la cinta, así como un «pistón» prismático que se apoya con fuerza, dada, regulable, sobre la cinta asegurando la presión.

6. DINAMOMETRIA EN HILOS

Los hilos son uniones de fibras continuas o discontinuas más o menos retorcidas. Debido a su disposición especial y a la cohesión que resulte de la presión centrípeta dada por la torsión, y a las irregularidades de las fibras y del hilo, la carga de rotura de un hilo será más débil que la suma de las cargas de rotura de las fibras contenidas en una sección dada.

Por otra parte, según que haya deslizamiento de fibras o no, el alargamiento a la rotura será más o menos próximo del alargamiento medio de las fibras. A pesar de muy numerosos intentos, no ha sido posible prever de modo preciso la tenacidad de un hilo a partir de las fibras que lo constituyen, pues los modelos matemáticos son demasiado idealizados en relación con la realidad.

7. DINAMOMETRIA EN TEJIDOS

Cuanto más intensa es la unión del tejido, se aproximará su comportamiento al comportamiento de las fibras que lo componen.

Así, si dos tejidos A y B compuestos de los mismos hilos y unidos del mismo modo, tienen el mismo número de hilos de trama, pero números diferentes n_a y n_b de hilos de urdimbre, las resistencias por urdimbre R_A R_B estarán en la relación $R_A/R_B = (n_a/n_b)^2$.

En otras palabras, la resistencia (carga de rotura) de un tejido R será proporcional al número de hilos n , a la carga de rotura media \bar{r} de los hilos individuales que lo componen y a un coeficiente de unión α dependiente de n , tal que:

$$R = n \cdot \bar{r} \cdot \alpha, \text{ con } \alpha = k \cdot n$$

$$\text{o sea } R = \bar{r} n^2 \cdot k;$$

k puede ser considerado como constante si n no varía en amplios límites ($\pm 10\%$).

8. EL CASO DE LAS TELAS NO TEJIDAS

Las telas no tejidas se obtienen por unión mecánica o química de napas de fibras. Si la resistencia a la rotura puede ser una característica interesante, el punto más delicado continúa siendo la determinación del efecto de la unión.

Para resolver este problema, hemos procurado conocer la cohesión aportada por la unión.

En efecto, la cohesión máxima que puede dar no puede superar la «cohesión» intrínseca de las fibras. Si se evalúa por una parte la cohesión global ligado + ligante y por otra parte la cohesión «intrínseca» del ligado sin ligante, se puede deducir la cohesión dada por el ligante, es decir el poder ligante. Estas evaluaciones han sido hechas a través de las tenacidades.

Para conocer la cohesión intrínseca, basta tomar el material no ligado y determinar la tenacidad con pinzas juntas de este material fibroso: la probabilidad de que cuando se junten las pinzas, que están en contacto por los bordes, se obtenga justo una extremidad de fibra, es muy débil; en cambio la probabilidad de solicitar las fibras es muy fuerte.

Para obtener la cohesión dada por la unión, basta determinar la tenacidad con las pinzas separadas, de separación superior, a la fibra de mayor longitud: en este caso, la cohesión de las fibras, por el hecho de la unión rige esta tenacidad.

Cuando la cohesión es perfecta, la tenacidad con las pinzas separadas alcanza la tenacidad con las pinzas juntas pudiéndose evaluar un «índice de cohesión» por la relación:

$$IC = \frac{\text{tenacidad con pinzas separadas del material ligado}}{\text{tenacidad con pinzas juntas, del material sin ligante}}$$

En caso de un depósito de ligante o de cola, como el ligante puede depositarse en cantidad más o menos importante, si este ligante tiene una tenacidad intrínseca diferente (por ejemplo más elevada) de la de las fibras, es preciso efectuar una corrección, para salvar el efecto perturbador que supondrían unas cantidades variables de ligante, aunque el poder ligante real permanece igual.

Se podría evaluar la cohesión intrínseca del ligante relacionando:

$$\frac{\text{tenacidad con pinzas juntas, del material ligado}}{\text{tenacidad con pinzas juntas, del material sin ligante}}$$

Sin embargo, este procedimiento requiere una serie de manipulaciones y determinaciones suplementarias.

Otro modo, muy sencillo, de englobar la corrección, consiste en considerar para la determinación con pinzas que están en contacto por los bordes, no el material sin ligante, sino el material ligado y el índice de cohesión se convierte en:

$$IC = \frac{\text{tenacidad con pinzas separadas}}{\text{tenacidad con pinzas juntas}}$$

sobre el mismo material ligado.

Como la tenacidad puede ser definida por la carga de rotura referida a la masa por unidad de superficie y como se trata del mismo material en ambos casos, la determinación del índice de cohesión conduce a:

$$IC = \frac{\text{carga de rotura con pinzas separadas}}{\text{carga de rotura con pinzas juntas}}$$

sobre el mismo material.

9. ABRASION TEXTIL

Abordamos ahora los ensayos repetidos en los cuales hay que tener en cuenta la fatiga. Además, en este tipo de prueba, es corriente y práctico solicitar simultáneamente una serie de probetas, lo que permite ganar tiempo; no obstante es necesario asegurarse de que las condiciones de sollicitación sean las mismas, lo que nos llevará a hablar de severidad y de nivel de severidad.

Por «abrasión», se entiende un frote que «desgasta» la probeta sometida a esta sollicitación eliminando una parte de la masa de materia.

En el caso de una «crin» única, puede tratarse de una abrasión «pura», localizada, definida por una eliminación progresiva de la materia hasta la desaparición: el trabajo de abrasión corresponde, pues, al trabajo de extracción regido por la cohesión interna, pero cuya evaluación directa continúa siendo delicada.

Indirectamente el desgaste puede ser evaluado por la debilitación local que provoca: pérdida de resistencia característica.

En el caso de un hilado de fibras (discontinuas), según la cohesión interfibras (regida por el efecto de presión centrípeta de la torsión, el coeficiente de frotamiento y la superficie de contacto de las fibras) la abrasión tendrá por efecto más o menos preponderante un despegue parcial de una fibra: la reducción de los puntos de contacto con las demás fibras, ocasiona una disminución de la cohesión y así, el esfuerzo necesario para la liberación de la fibra se vuelve muy débil; la fibra será desplazada y puede formar un montón en la extremidad de la zona de abrasión activa. La eliminación de una primera fibra favorece la extracción de las otras, y muy rápidamente el punto débil se rompe bajo los esfuerzos de tensión que acompañan obligatoriamente la abrasión; así pues, llamaremos «abrasión por deslizamiento» a este modo de desgaste, de eliminación de materia (fibra).

La extracción de la primera fibra se hace según un proceso más bien lento; en cambio, después de la creación del punto débil, zona de acumulación de los esfuerzos, la rotura se efectúa según un proceso acelerado.

En la práctica, se tratará tanto de la abrasión «pura» que de la abrasión «por deslizamiento».

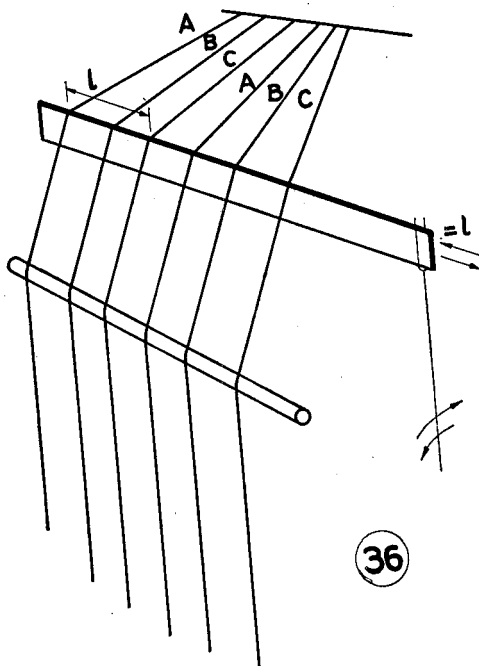
Otro punto a tener en cuenta es el de la *severidad* de una abrasión.

Este nivel de severidad es teóricamente definible por la «geometría» de la sollicitación (ángulos de ataque), por la historia de la repartición de los esfuerzos en cada ciclo, por los *estados de superficie del abrasivo y del abradido*, y por la *frecuencia*.

En efecto, parece que a medida que el desgaste progresa, todos estos parámetros evolucionan según cinéticas propias: es también una de las razones por las cuales la mayor parte de los ensayos comparativos de clasificación con diversos aparatos aunque regulados inicialmente según las mismas pretensiones, presión del abrasivo, amplitud y frecuencia, dan resultados diferentes.

Para salvar esta dificultad hemos construido un abrasímetro que efectúa el desgaste (casi)-simultáneo de los diferentes tipos de hilos cuya resistencia a la

fatiga queremos comparar. Así, si tenemos tres categorías A, B y C, se colocan los hilos en el orden: A₁, B₁, C₁, A₂, B₂, C₂, A₃, B₃, C₃, etc... a intervalos regulares. El abrasivo: una lámina de acero orientada perpendicularmente a los hilos, efectúa un movimiento oscilante en el sentido de los hilos, pero es desplazado en cada ciclo un intervalo A-B, B-C, luego vuelve a su posición primitiva. De este modo, cada categoría de hilo está en contacto con una posición del abrasivo que acaba de desgastar las otras dos categorías de hilos.



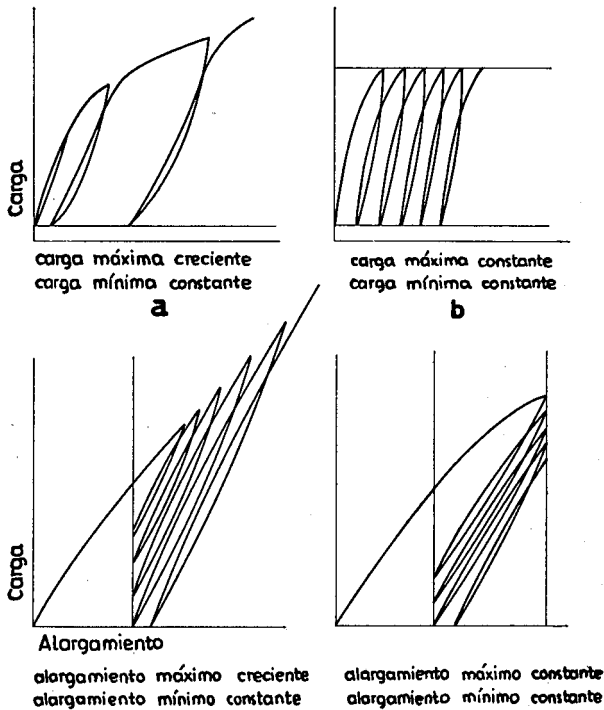
De este modo, es posible obtener clasificaciones reproducibles de una serie de ensayos a otra, a pesar de la evolución del estado de superficie de la lámina abrasiva, que se escoge muy dura.

10. EXTENSIONES REPETIDAS

Los ensayos de extensiones repetidas pueden ser extremadamente variados y según WINKLER (1962) aportan cuatro posibilidades fundamentales de estudio del comportamiento elástico que consisten en someter la probeta:

- a cargas repetidas crecientes, incluso cargas repetidas constantes, alternando en los dos casos, con descargas hasta un límite inferior de carga constante (Fig. 37);
- a alargamientos repetidos crecientes, incluso a alargamientos repetidos constantes, alternando en ambos casos, con relajaciones hasta un límite inferior constante de alargamiento.

No obstante, para relajar la materia hasta un límite inferior constante de alargamiento es preciso escoger un valor bastante elevado para este límite, y sin embargo no es muy posible mantenerlo, porque ya después de algunos ciclos, la carga se vuelve nula antes de que sea alcanzada. Así, a un límite superior cons-



tante (o variable) de alargamiento, corresponde prácticamente un límite inferior de carga constante. Por eso es necesario:

— proceder a un alargamiento preliminar no despreciable antes de aplicar alargamientos repetidos de débil amplitud,

— hacer una serie previa de extensiones (del orden de unas cincuenta) y reajustar los reglajes para las demás extensiones.

Por otra parte, a frecuencia, a tasa de extensión o a niveles de cargas idénticos, según el detalle de subida, de mantenimiento y de bajada en posiciones extremas, la severidad varía enormemente.

La severidad puede ser analizada sólo aproximadamente, ya que en cuanto se cambia uno de los reglajes, la historia de aplicación de los esfuerzos se modifica igualmente.

No obstante, algunos puntos han sido adquiridos experimentalmente.

1.° Tal como lo había mostrado MASON (1966) en lo que se refiere a la fatiga de metales, se tiene una función general del tipo $\Delta\epsilon \cdot N^b = C = \text{Constante}$, donde $\Delta\epsilon$ es la amplitud total de la elongación; N el número de ciclos hasta la rotura y b un parámetro iguala 0,5 para los metales (1969) ha tratado de ampliar esta relación de MASON y COFFIN al caso de los textiles llevando $\log N$ (media aritmética de los N_i para 6 muestras) en función de $\log (\Delta\epsilon)$ y deduciendo por el método de los mínimos cuadrados la recta de correlación:

$$\text{Log } N = a - \frac{\log \Delta \epsilon}{b}$$

(donde a representa $\frac{\log C}{b}$) para unos $\Delta \epsilon$ variando de 1,6 a 16 % donde b toma valores comprendidos entre 0,08 y 0,13 para poliacrilonitrilos, poliamidas, poliésteres y viscosa; pero para rayones para neumáticos y para unos $\Delta \epsilon$ que no superen 0,8, b alcanza 0,42.

Esto parece demostrar que si la sollicitación se hace a nivel del campo «hookeano», b tomará un valor próximo a 0,5 y se alejará de éste tanto más cuanto más toque al campo viscoelástico.

Según BARELLA (1961) se comprueba para la lana otra relación empírica:

$$N = \frac{k \cdot L^x}{C^y}$$

donde: L = la longitud de la probeta,
 C = la amplitud (absoluta) de la extensión,
 k = un parámetro,
 x e y variando según la materia considerada.

2.º Según WALLER y ROSEVEARE (1946) la *carga de base* (correspondiendo al alargamiento medio en medio del ciclo de extensión) rige igualmente la duración de vida, según una ley exponencial:

$$N = k \cdot B^a$$

donde: B = carga de base,
 k y a = parámetros (muy variables, según la naturaleza de la materia).

3.º Según los mismos autores, se tendría igualmente:

$$N = k \cdot W^{-m}$$

donde: W = la frecuencia.

Pero esta relación no es comprobada sistemáticamente por todos los autores.

Sin embargo, es probable que una frecuencia de resonancia sea particularmente severa; no hay que olvidar que las frecuencias utilizadas en la práctica permanecen débiles y no superan los 10 Hz.: debido a ello también en el campo restringido de las investigaciones textiles, la incidencia de la frecuencia ha podido ser ocultada por la de otros parámetros modificados al mismo tiempo y más o menos inconcientemente.

4.º Siempre según WALLER y ROSEVEARE la duración de vida se rige por la *temperatura* según una ley del tipo Arrhenius:

$$\ln N = (E/RT) + C$$

donde E es asimilable a una energía de activación, R la constante de los gases perfectos, T la temperatura y C una constante.

Pero según NEUMANN (1960) las variaciones que observa para la gama de 40 a 100°C parecen igualmente depender de otros varios factores inherentes a la materia, de tal modo que la última relación no está muy bien comprobada.

Nos parece, en efecto, que el frotamiento interior, estimado por la superficie de la curva de histéresis carga-alargamiento, provoca un calentamiento interno local, cuya disipación está regida por las condiciones exteriores de temperatura: por este hecho, las condiciones de equilibrios energéticos en el seno del sistema varían y pueden modificar la marcha de los comportamientos. Además si se tiene en cuenta el hecho de que según MESKAT y ROSENBERG (1953) la materia textil se fatiga tanto más rápidamente cuanto más seca está, unos cambios de temperatura provocarán igualmente cambios de contenido de agua de la materia que serán tanto más importantes cuanto más hidrófila sea la materia.

Igual que para la abrasión, la severidad durante las pruebas por extensiones repetidas se rige por numerosos parámetros y a pesar de un análisis exhaustivo, es también difícil, si no imposible, dar una estimación global absoluta y correcta de la misma.

Se puede, sin embargo, definir esta severidad enumerando con detalle las condiciones de reglaje del extensor y las de aplicación de las extensiones sobre los hilos.

11. CONCLUSIONES

La reología práctica abarca amplios campos en el textil.

La principal dificultad radica en la irregularidad de título y de forma de las fibras textiles (incluso las fibras de síntesis). Este hecho obliga a tener en cuenta el aspecto estadístico de las características textiles. Esto es tanto más marcado cuanto más pequeña es la unidad estadística: principalmente con las fibras es cuando hay que tenerlo más en cuenta. En este caso, para limitar el número de ensayos, conviene determinar individualmente las características de fibras: título, módulo, carga y alargamiento a la rotura y capacidad de trabajo. La medida del título efectivo puede ser utilizada para el cálculo de las tenacidades y módulos individuales o en todo caso para el cálculo del título medio real al cual se referirá la carga media: así los valores obtenidos al hacer el promedio de las tenacidades individuales por una parte, o al hacer el cociente de la carga promedio por el título medio por otra, son extremadamente próximos sobre la base de 50 determinaciones, a pesar de los coeficientes de variación de más del 30 %.

Cuando se trata de señalar el comportamiento a la fatiga por ensayos repetidos, la mayor dificultad continúa siendo la de encontrar una *señal puntual* representativa del comportamiento a la fatiga para facilitar las comparaciones.

Como la severidad rige de manera exponencial el comportamiento a la fatiga, es delicado tomar una media aritmética como referencia. Se podría pensar en una media geométrica.

KOKINE G. (1969) prefiere considerar la mediana. Según STOUT (1966) se puede también ajustar una ley logaritmo normal y utilizar parámetros de posición y de dispersión.

No obstante, lo más sensato es dar el histograma completo de las roturas en función del número de ciclos, y siempre es posible comparar histogramas entre sí.

Evidentemente, se pueden escoger diferentes modos de representación de estos histogramas; para efectuar esta elección, es preciso basarse en una explotación racional de los datos estadísticos. Por esta razón abordaremos en el próximo capítulo el aspecto estadístico de la aparición de las roturas, que nos permitirá alcanzar un modo de explotación racional.